

鲁北盐渍土区棉花微咸水滴灌技术研究

邢文刚¹ ,俞双恩¹ ,安文钰² ,李志杰² ,刘继芳² ,单秀枝²

(1.河海大学江宁校区建设指挥部 ,江苏 南京 210098 ; 2.中国农业科学院土壤肥料研究所 ,北京 100081)

摘要 :对春棉利用含盐量 3.8 g/L 浅层地下微咸水及 1.2 g/L 深井水进行膜下滴灌、无膜滴灌、覆膜畦灌及无灌溉田间对比试验 ,结果表明 :1.2 g/L 膜下滴灌皮棉产量最高 ,其次为 3.8 g/L 膜下滴灌 ,相差 22% ,两种灌溉水的无膜滴灌及覆膜畦灌 4 个处理的皮棉产量基本持平 ,无灌溉产量最低.3.8 g/L 微咸水灌溉条件下 ,膜下滴灌比覆膜畦灌增产 38.6% ,比无膜滴灌增产 40.1% ,比无灌溉增产 92.5% .滴灌比覆膜畦灌省水 60% 左右 ,滴头的湿润半径能达到 20 cm 左右 ,湿润深度能达到 60 cm 左右 ,试验期间 0~60 cm 土层土壤盐分含量低于 0.2% ,不会对棉花生长产生危害.

关键词 :盐渍土 ;棉花 ;微咸水 ;膜下滴灌

中图分类号 :S275.6 文献标识码 :A 文章编号 :1000-198X(2003)02-0140-04

棉花是黄淮海平原的主要经济作物.近年来 ,黄河的经常性断流 ,春季 2~6 月份严重的干旱 ,对当地的棉花生产构成了严重的威胁.黄淮海平原浅层地下微咸水资源丰富 ,浅层咸水区面积约为 4.7 万 km² ,矿化度为 2~5 g/L 的微咸水资源约 54 亿 m³ ,占浅层咸水区面积的 80% 以上 ,主要分布在地下 10~100 m 处^[1] ,宜于开采.浅层地下微咸水也是有限的水资源 ,合理地进行开发和利用 ,对于解决该地区水资源危机 ,促进农业的持续发展 ,维持生态平衡具有重要的现实意义.

1 试验设计及观测内容

1.1 试验设计

陵县位于山东北部 ,属于暖温带、半湿润半干旱的季风气候区 ,年均降水量 600 mm 左右 ,年均蒸发量 2076 mm 左右 ,每年 7~9 月份降水占全年的 76%~80% .

试验地位于中国农科院陵县试验区内 ,耕层有机质含量为 0.83% ,土壤碱解氮 56 mg/kg ,速效磷 18 mg/kg ,速效钾 91 mg/kg ,土壤全盐 0.02%~0.15% ,属轻度盐渍土.春棉生育期内月降雨量统计见表 1.

表 1 陵县春棉生育期内月降雨量统计 (1999 年)

Table 1 Monthly precipitation during growing period of cotton in Lingxian County for 1999

月份	4	5	6	7	8	9	合计
降雨量/mm	58.1	66.9	138.5	20.8	20.8	9.7	314.8

本试验各灌溉处理的棉花生育期内的灌水时间及灌水量见表 2.灌溉水为深井水(1.2 g/L)和浅层地下微咸水(3.8 g/L) 2 种 ,灌溉方式为无膜滴灌、膜下滴灌、覆膜畦灌及无灌溉 4 种 ,灌溉时间选择连续多日无降雨旱情严重的 5 月 14 日和 6 月 30 日 ,覆膜畦灌的灌水定额设计为 90 mm ,无膜滴灌和膜下滴灌的灌水定额均设计为 35 mm. 每个试验小区面积为 116 m² ,于 1999 年 4 月 21 日播种 ,品种为美国抗虫棉 33B ,平均行距为 70 cm、株距为 30 cm ,定苗后平均苗量为 48000 株/hm².滴灌处理小区每一行春棉铺一行内镶式滴灌管 ,滴头间距为 30 cm ,单滴头最大流量为 3 L/h ,工作压力为 0.1 MPa.

滴灌处理小区(包括无膜滴灌和膜下滴灌)采用肥水滴灌方式施肥 ,每次灌溉按 300 kg/hm² 的施肥量将尿素充分溶解在灌溉水中 ,再随水直接进入棉花根部土壤中 ,畦灌及无灌溉处理小区采用传统施肥方式 ,每

次灌溉按 300 kg/hm² 的施肥量追施尿素.

表 2 微咸水不同灌溉方式的灌水定额

Table 2 Irrigation quota of different irrigation methods for brackish water							mm
灌水时间	1.2 g/L 无膜滴灌	1.2 g/L 膜下滴灌	1.2 g/L 覆膜畦灌	3.8 g/L 无膜滴灌	3.8 g/L 膜下滴灌	3.8 g/L 覆膜畦灌	无灌溉
5 月 14 日	35	35	90	35	35	90	0
6 月 30 日	35	35	90	35	35	90	0

1.2 观测内容

a. 土壤水分和盐分. 棉花生育期内每隔 15 d 定期测定各处理小区土层的土壤含水量及土层盐分含量, 每次灌水前后及降雨后加测, 取样深度均为 0 ~ 5 cm, 5 ~ 10 cm, 10 ~ 20 cm, 20 ~ 40 cm, 40 ~ 60 cm, 取土位置在滴灌管滴头处、两滴头中间及两滴头中间横向 20 cm 处.

b. 作物生长参数. 观测棉花株高、果枝数、现蕾数及花铃的数目, 计算棉花收获产量.

2 结果及讨论

2.1 微咸水滴灌对土壤水分的影响

灌溉水的盐分浓度对土壤水分分布影响不大. 限于篇幅, 表 3 只列出 3.8 g/L 微咸水在 3 种灌溉方式下的土壤含水量变化. 试验结果表明: 灌后 8 d, 3.8 g/L 膜下滴灌 0 ~ 60 cm 各层土壤水分分布变化不大, 其波动范围为 17.77% ~ 18.96%, 满足棉花根部需水要求; 而 3.8 g/L 无膜滴灌 0 ~ 60 cm 各层土壤水分分布波动范围明显, 为 14.85% ~ 19.41%; 3.8 g/L 覆膜畦灌 0 ~ 60 cm 各层土壤水分分布变化很小, 其波动范围为 18.65% ~ 21.80%. 覆膜畦灌灌水定额为 90 mm, 为膜下滴灌灌水定额的近 3 倍, 但 0 ~ 60 cm 土层土壤含水量平均值仅比膜下滴灌高 1.29%. 棉花蕾期灌前 6 月 29 日, 膜下滴灌滴头处 0 ~ 5 cm 土壤含水量为 11.08%, 无膜滴灌为 5.05%, 覆膜畦灌为 13.95%, 膜下滴灌及覆膜畦灌表层土壤含水量比无膜滴灌高出 6.03% ~ 8.9%, 膜下灌能抑制土壤水分蒸发, 减少棵间蒸发, 具有很好的保墒作用. 7 月 1 日灌后, 膜下滴灌滴头处及两滴头中间湿润深度能达到 60 cm 左右, 两滴头中间横向 20 cm 处湿润深度能达到 40 cm 左右, 每个滴头的湿润半径能达到 20 cm 左右, 满足棉花根部对水分的需求.

表 3 3.8 g/L 微咸水灌溉春棉的土壤水分

Table 3 Moisture in cotton field irrigated by 3.8 g/L brackish water							%
处理	土层深度/cm	苗期灌后 8 d (5 月 22 日) 滴头处	苗期 (6 月 10 日) 滴头处	蕾期灌前 (6 月 29 日) 滴头处	蕾期灌后(7 月 1 日)		
					两滴头 中间	两滴头中间 横向 20 cm 处	
膜下滴灌	0 ~ 5	18.96	12.69	11.08	19.50	17.20	
	5 ~ 10	18.86	14.37	10.49	19.84	17.86	
	10 ~ 20	18.19	15.77	14.31	18.39	17.60	
	20 ~ 40	18.72	16.44	15.62	18.27	16.98	
	40 ~ 60	17.77	18.45	16.71	17.99	16.30	
无膜滴灌	0 ~ 5	14.85	9.14	5.05	17.87	16.15	
	5 ~ 10	15.92	12.29	10.08	18.83	17.53	
	10 ~ 20	18.76	13.76	11.94	18.29	17.52	
	20 ~ 40	19.37	15.40	14.28	18.16	16.11	
	40 ~ 60	19.41	18.18	17.43	16.34	16.40	
覆膜畦灌	0 ~ 5	21.80	14.80	13.95		23.26	
	5 ~ 10	21.65	16.73	12.88		22.35	
	10 ~ 20	18.65	16.06	14.90		19.30	
	20 ~ 40	19.12	16.89	15.43		19.68	
	40 ~ 60	19.65	18.11	17.12		20.29	

2.2 微咸水滴灌对土壤盐分的影响

本文选择灌溉水盐分浓度高的 3.8 g/L 为研究重点. 表 4 表明: 利用 3.8 g/L 微咸水滴灌棉花, 灌后两滴头中间横向 20 cm 处各层土壤盐分含量均高于两滴头中间, 越接近土表, 差异越明显. 例如 0 ~ 5 cm, 5 ~ 10 cm, 10 ~ 20 cm 土层盐分含量分别高 0.041%, 0.037%, 0.012%. 说明在盐碱土壤上滴灌, 可以在作物根部形成一个椭球状湿润体, 在不断滴入的水流作用下, 土壤的盐分可以被推移到椭球体的边缘, 从而在作物根部

形成一个正常的生长环境,保证作物的正常生长^[2].

表4 微咸水滴灌对春棉土壤盐分的影响

Table 4 Effects of brackish water drip irrigation on soil salinity of cotton field							%
处理	土层深度/cm	苗期灌后 8 d	苗期	蕾期灌前	蕾期灌后(7月1日)		秋季
		(5月22日) 滴头处	(6月10日) 滴头处	(6月29日) 滴头处	两滴头 中间	两滴头中间 横向 20 cm 处	(10月15日) 滴头处
膜下滴灌 (3.8 g/L)	0~5	0.083	0.051	0.082	0.115	0.156	0.037
	5~10	0.091	0.159	0.084	0.110	0.147	0.046
	10~20	0.083	0.058	0.067	0.121	0.133	0.078
	20~40	0.075	0.065	0.048	0.109	0.110	0.063
	40~60	0.069	0.053	0.043	0.108	0.104	0.089
覆膜畦灌 (3.8 g/L)	0~5	0.078	0.073	0.068		0.075	0.035
	5~10	0.082	0.079	0.071		0.063	0.037
	10~20	0.084	0.081	0.085		0.060	0.040
	20~40	0.075	0.072	0.082		0.079	0.047
	40~60	0.063	0.064	0.079		0.085	0.055

利用 3.8 g/L 微咸水滴灌 0~60 cm 土体各层土壤的盐分含量明显高于灌前,平均高出 0.056%,这是因为微咸水中盐分随滴灌迁移到上层土体,但各层土壤的盐分含量均低于 0.2% 这一指标,不会对棉花生长产生危害.由于滴灌的灌水量很小,按灌水定额 35 mm 计算,利用 3.8 g/L 浅层地下微咸水滴灌,每次随滴灌滞留到 0~60 cm 土层的盐分约为 1140 kg/hm².根据该地区气候特点,每年 7~9 月雨量比较集中.从表 4 可以看出,经过降水淋洗盐分,秋季 10 月 15 日 3.8 g/L 微咸水膜下滴灌 0~60 cm 土层盐分含量降低明显,其波动范围为 0.037%~0.089%,低于 0.1%,不会对作物生长构成威胁.3.8 g/L 覆膜畦灌由于灌水定额大,“大水压盐”效果明显,灌后同灌前相比,土壤的盐分含量变化不明显.

2.3 微咸水滴灌对棉株生长状况及产量的影响

棉花属于宽行稀植作物,其行间蒸发较大,适宜膜下滴灌.表 5 表明,棉花生育期内株高、果枝数、蕾数及开花数的 4 项测试指标,膜下滴灌均高于无膜滴灌及无灌溉,同覆膜畦灌基本持平.例如 3.8 g/L 膜下滴灌较无膜滴灌,株高分别增加 19 cm(蕾期)和 13 cm(盛花期),果枝数多 1 枝(蕾期及盛花期),现蕾数增加 5 个(蕾期),开花多 1 个(蕾期).3.8 g/L 膜下滴灌较无灌溉,株高分别增加 23 cm(蕾期)和 21 cm(盛花期),果枝数分别多 2 枝(蕾期)和 4 支(盛花期),现蕾数分别增加 9 个(蕾期)和 14 个(盛花期),开花分别多 1 个(蕾期)和 2 个(盛花期).从其产量来看,1.2 g/L 膜下滴灌皮棉产量在 7 个试验处理中最高,其次为 3.8 g/L 膜下滴灌;3.8 g/L 和 1.2 g/L 两种灌溉水的无膜滴灌及覆膜畦灌 4 个处理的皮棉产量基本持平,无灌溉处理的皮棉产量最低.相同灌溉水矿化度间比较,3.8 g/L 膜下滴灌比覆膜畦灌增产皮棉 407.7 kg/hm²,增产幅度达 38.6%,比无膜滴灌增产 418.4 kg/hm²,增产幅度达 40.1%,比无灌溉增产 703.4 kg/hm²,增产幅度达 92.6%;1.2 g/L 膜下滴灌比覆膜畦灌增产皮棉 699.3 kg/hm²,增产幅度达 64.3%,比无膜滴灌增产 753.9 kg/hm²,增产幅度达 73.0%,比无灌溉增产 1026.4 kg/hm²,增产幅度达 135.1%.

表5 微咸水滴灌对棉株生长状况及产量的影响

Table 5 Effects of brackish water drip irrigation on growing stages and yield of cotton									
调查参数	株高/cm		果枝数/枝		蕾数/个		开花数/个		皮棉产量/ (kg·hm ⁻²)
	蕾期	盛花期	蕾期	盛花期	蕾期	盛花期	蕾期	盛花期	
	(7月2日)	(7月23日)	(7月2日)	(7月23日)	(7月2日)	(7月23日)	(7月2日)	(7月23日)	
无膜滴灌(1.2 g/L)	73	101	8	12	15	31	0	5	1032.3
膜下滴灌(1.2 g/L)	74	106	9	15	23	50	0	5	1786.2
覆膜畦灌(1.2 g/L)	74	106	9	15	23	50	0	5	1086.9
无膜滴灌(3.8 g/L)	72	104	8	13	18	40	0	6	1044.8
膜下滴灌(3.8 g/L)	91	117	9	14	23	40	1	6	1463.2
覆膜畦灌(3.8 g/L)	75	105	9	14	23	48	0	5	1055.5
无灌溉	68	96	7	10	14	26	0	4	759.8

膜下滴灌比覆膜畦灌增产皮棉达 38.6%~64.3%,主要原因是:覆膜畦灌过量的灌水形成土表含水层,影响土壤的物理性状,破坏土壤团粒结构,降低土壤孔隙率,土壤通气性变差,土表水蒸发后,土壤易板结,形成不利于作物正常生长的田间小气候,影响棉花蕾期后植株由营养生长转入营养生长与生殖生长并进的过

程,进而影响棉花产量.而膜下滴灌,水直接滴入到棉花根系土壤中,不破坏土壤团粒结构,可提高土壤孔隙率,土壤通气性好,加之营养液随灌溉水直接滴入到根部土壤中,养分不会因过量灌溉而跑漏掉,根系可以最大限度地吸收水分和养分,有利于棉花的生殖生长,增产明显.

2.4 经济效益分析

按棉花种植行距 70 cm 计算,每公顷滴灌设备(包括水井、水泵、PVC 或 PE 管材、过滤器、球阀、施肥器、水表、滴灌管、接头、旁通、堵头等)投资约为 9 000 元.春棉在春季干旱缺水时利用 3.8 g/L 微咸水膜下滴灌 2 次,比无灌溉增产皮棉 703.4 kg/hm²,按当年当地 20 元/kg 皮棉价格计算,则利用微咸水膜下滴灌增收 14 068 元/hm²,膜下滴灌薄膜费 375 元/hm²,用工费 150 元/hm²,电费 90 元/hm²,总投资为 9 000 + 375 + 150 + 90 = 9 615(元/hm²),其静态还本年限为 9 615/14 068 = 0.68(a),不到 1 年即能收回成本.同覆膜畦灌相比,3.8 g/L 膜下滴灌比覆膜畦灌增产皮棉 407.7 kg/hm²,增收 8 154 元/hm²,滴灌设备总投资为 9 000 + 150 + 90 = 9 240(元/hm²),其静态还本年限为 9 240/8 154 = 1.13(a),1 年多即能收回成本.如果滴灌控制面积增大,还可以降低投资,当年即能收回成本.

3 结 论

- a. 鲁北地区在春季黄河断流、干旱缺水时,利用 3.8 g/L 浅层地下微咸水膜下滴灌春棉 2 次,灌水定额 35 mm,比覆膜畦灌省水 60%左右,增产 38.6%,比无灌溉增产 92.6%.试验期间 0~60 cm 土体盐分含量维持在 0.2%以下,不会对棉花的生长产生危害.
- b. 利用微咸水滴灌春棉,上层土体积聚的盐分,经过雨季淋洗,秋季盐分降低显著,不会对下一季作物生长形成潜在威胁.
- c. 棉花属于稀植宽行作物,适宜膜下滴灌,一次性投资,当年能收回成本,在地表水、地下水资源严重短缺和地下水资源为微咸水的地区应大力推广微咸水膜下滴灌技术.
- d. 关于长期利用微咸水滴灌的盐分迁移特性、水盐运动规律及滴灌对棉花品质的影响,需进一步研究.

参考文献:

[1] 魏忠义. 黄淮海平原咸水分布特征及其改造利用[M]. 北京: 科学出版社, 1985. 16—17.
[2] 周卫平. 国外灌溉节水技术的进展及启示[J]. 节水灌溉, 1997(4): 18—20.

Application of brackish water drip irrigation technology to cotton fields
in saline area of north Shandong Province

XING Wen-gang¹, YU Shuang-en¹, AN Wen-yu², LI Zhi-jie², LIU Ji-fang², SHAN Xiu-zhi²
(1. Jiangning Construction Directorate of Hohai Univ., Nanjing 210098, China;
2. Soil and Fertilizer Institute, CAAS, Beijing 100081, China)

Abstract: Some experiments were performed under four irrigation conditions for cotton fields, i. e. the mulched drip irrigation, the mulched furrow irrigation, the un-mulched drip irrigation, and non-irrigation, with two kinds of irrigation water, i. e. 3.8 g/L brackish water and 1.2 g/L deep well water. Some conclusions are drawn: the cotton yield from the mulched drip irrigation with 1.2 g/L deep well water is the highest, and the next is from the same irrigation mode with 3.8 g/L brackish water, the difference being 22%; the cotton yields from un-mulched drip irrigation and mulched irrigation with two types of irrigation water are almost the same; the yield of cotton in the absence of irrigation is the lowest. The results also show that, with 3.8 g/L brackish water, the yield from the mulched drip irrigation is 38.6% higher than that from the mulched furrow irrigation, 40.1% higher than that from un-mulched drip irrigation, and 92.5% higher than that in the absence of irrigation, and that compared with the mulched furrow irrigation, the drip irrigation can save about 60% of water, the wetted radius at each drip can reach 20 cm, and the wetted depth can reach 60 cm. The soil salinity at the depth of 0~60 cm is less than 0.2%, which is harmless to the growth of cotton.

Key words: saline soil; cotton; brackish water; mulched drip irrigation